

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-275442

(43)Date of publication of application : 06.10.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/00
G02B 5/18
G02B 5/26
G02B 6/10

(21)Application number : 11-080546

(71)Applicant : FUJIKURA LTD

(22)Date of filing : 24.03.1999

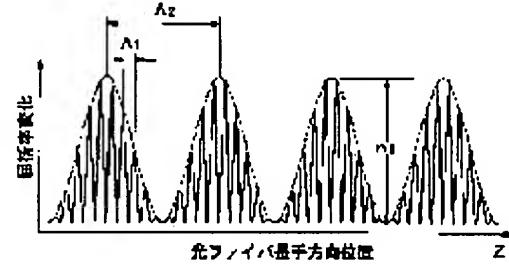
(72)Inventor : SUDO MASA AKI

(54) OPTICAL BAND PATH FILTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical band path filter low in cost, small in size, less in connection loss by varying amplitude of a refractive index of a core in a prescribed cycle along the longitudinal direction of an optical fiber.

SOLUTION: Amplitude of a refractive index profile gradually increases from a part having almost 0 value along the longitudinal direction of an optical fiber, gradually decreases when it reaches the largest n_1 , and this variation is repeated cyclically. Thus, when a grating pitch Λ_1 is constant and the amplitude of the refractive index is varied cyclically, the refractive index profile of a fiber grating is provided. In other words, the grating pitch Λ_1 of the entire grating part in the refractive index profile is gradually increased and decreased along the longitudinal direction of the optical fiber. For providing a chirp pitch, for a chirp factor is set less than 1 nm/mm, and the grating pitch Λ_1 is slightly varied in the range of about $530 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.12.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 18.04.2006

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

[converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-275442

(P2000-275442A)

(43)公開日 平成12年10月6日 (2000.10.6)

(51)Int.CL ⁷	識別記号	F I	マーク(参考)
G 02 B 8/00	3 0 6	G 02 B 8/00	3 0 6 2 H 0 3 8
5/18		5/18	2 H 0 4 8
5/26		5/26	2 H 0 4 9
8/10		8/10	C 2 H 0 5 0

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 10 頁)

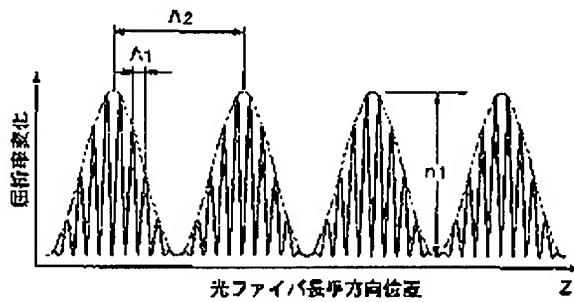
(21)出願番号 特願平11-80546	(71)出願人 株式会社フジクラ 東京都江東区木場1丁目5番1号
(22)出願日 平成11年3月24日 (1999.3.24)	(72)発明者 須藤 正明 千葉県佐倉市大崎1440番地 株式会社フジクラ佐倉工場内
	(74)代理人 100064908 弁理士 志賀 正武 (外3名)
	F ターム(参考) 2H038 BA21 B425 2H048 AA01 AA07 AA12 AA18 AA23 2H049 AA33 AA45 AA62 AA66 2H050 AB05X AC03 AC82

(54)【発明の名称】光バンドパスフィルタ

(57)【要約】

【課題】 ファイバグレーティングを利用した光バンドパスフィルタにおいて、低コストで、サイズの小さく、接続損失の小さい光バンドパスフィルタを提供する。

【解決手段】 光ファイバの長手方向にそって、コアの屈折率の周期的な変化を形成したファイバグレーティングからなり、前記コアの屈折率の振幅が、光ファイバの長手方向にそって、所定の周期 Λ_2 で変化していることを特徴とする光バンドパスフィルタを構成する。



(2)

特開2000-275442

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバの長手方向にそって、コアの屈折率の周期的な変化を形成したファイバグレーティングからなり、前記コアの屈折率の振幅が、光ファイバの長手方向にそって、所定の周期で変化していることを特徴とする光バンドバスフィルタ。

【請求項2】 前記コアの屈折率の周期的な変化の周期がチャーブトピッチであることを特徴とする請求項1に記載の光バンドバスフィルタ。

【請求項3】 前記光ファイバが高NAの光ファイバであることを特徴とする請求項1または2に記載の光バンドバスフィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はファイバグレーティングを利用した光バンドバスフィルタに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、ゲルマニウム添加石英ガラスに特定波長の光を照射すると屈折率が上昇する現象が知られている。光通信分野で広く使用されている石英系光ファイバのコアは、例えばゲルマニウム添加石英ガラスからなり、これに240nm付近の特定波長の紫外光を照射すると屈折率が変化する。したがって、光ファイバの長手方向に微細な紫外光強度の周期的な分布を有する紫外光を照射すると、この紫外光照射域の紫外光強度に応じてコアの屈折率変化の分布を形成することができる。これが、光学の分野でいうグレーティング（回折格子）である。

【0003】 図11はファイバグレーティングの一例を示した説明図である。図中符号1は裸光ファイバ（光ファイバ）1であって、この裸光ファイバ1は高屈折率のコア1aとこのコア1aの外周上に設けられた低屈折率のクラッド1bとから構成されている。コア1aはゲルマニウム添加石英ガラスからなり、クラッド1bは純石英ガラスまたはフッ素添加石英ガラスからなる。そして、コア1aには上述のように紫外光強度の周期的な分布によって作成したグレーティング部1cが設けられている。図12は、従来のファイバグレーティングのグレーティング部1cの光ファイバの長手方向における屈折率プロファイルを示したグラフである。横軸は光ファイバの長手方向の位置zを示しており、縦軸はコアの屈折率変化を示している。この図に示したように、グレーティング部1cにおいては、光ファイバの長手方向にそって屈折率が一定の振幅で周期的に変化している。この屈折率の周期的な変化の周期Λ1をグレーティングピッチといふ。

反対にコア1aを負の方向に伝搬するモードとを結合させることにより、特定波長帯の光が反射する特性が得られる。そのため、特定波長帯の光を損失させる光フィルタとして用いることができる。例えば、光通信で最もよく利用される波長帯域1550nmで動作する反射型のファイバグレーティングを作製する場合、グレーティングピッチは530nm程度とされる。

【0005】 図13(a)はファイバグレーティングを透過した光の波長スペクトル（透過スペクトル）の一例を示したもので、図13(b)はこのとき同時に得られる反射光の波長スペクトル（反射スペクトル）を示したものである。上述のように特定波長帯の光が反射する特性によって、反射スペクトルにおいては、反射光の波長帯に対応した反射帯域（反射ピーク）が生じ、透過スペクトルにおいては、この反射帯域に対応した透過阻止帯域（透過損失ピーク）が生じる。

【0006】 また、反射型のファイバグレーティングにおいては、一般に光フィルタとして用いられる誘電体多層膜などと比べて、透過あるいは反射スペクトルにおいて、透過帯域から透過阻止帯域（または反射帯域）への遷移領域が狭く、急峻なフィルタ特性が得られるという特徴がある。その理由は、ファイバグレーティングは、誘電体多層膜などと比べて光の透過距離であるフィルタ長を長くすることができるためである。すなわち、誘電体多層膜は、複数の材料を順次積層して製造するため、製造に時間や労力がかかり、フィルタ長の増加には限界がある。これに対してファイバグレーティングにおいては、紫外光の照射という比較的簡単な方法で製造できるため、フィルタ長を長くすることができる。

【0007】 図13(a)に示したファイバグレーティングの透過阻止帯域の中心波長λ_cは、以下の式で示したように、グレーティングピッチΛ1とコアの屈折率n_{e1}とΛ_c/2上昇したときの光ファイバの実効屈折率n_{e1'}との積で表される。

【数1】

$$\lambda_c = 2n_{e1} \Lambda_1$$

【0008】 また、前記透過阻止帯域の波長幅（阻止帯域幅）は、グレーティング部1cの長さ（グレーティング長）などによって変化する。また、光ファイバの長手方向に沿ってグレーティングピッチΛ1を徐々に変化させたものをチャーブトピッチといふ。例えば、光ファイバの長手方向にそって、グレーティングピッチΛ1を徐々に大きく（あるいは小さく）したものなどが知られている。チャーブトピッチでグレーティングを形成すると、一定（ユニフォーム）のグレーティングピッチの場合と比較して阻止帯域幅を広くすることができる事が知られている。よって、阻止帯域幅はグレーティングビ

(3)

特開2000-275442

3

て、上述のような紫外光強度の分布からなる微細な光の明暗は、干渉縞を利用することによって得られる。干渉縞の周期を再現性よく実現する方法として、位相マスク法が知られている。図14は、位相マスクの一例を示した斜視図であって、この位相マスク2は、純石英ガラスなどの紫外光を透過する材料からなり、その片面には複数の直線状の溝2a…が平行に、かつ所定の周期で形成されている。

【0010】図15は、この位相マスク2を用いたファイバグレーティングの製造方法を示した説明図である。すなわち、まず、裸光ファイバ1の上に紫外線硬化型樹脂などの被覆層が設けられた光ファイバ素線の途中の被覆層(図示せず)を除去して裸光ファイバ1を露出させる。そして、位相マスク2を、その溝2aの形成面が裸光ファイバ1に対峙するように、かつ溝2a…の配列方向が裸光ファイバ1の長手方向と平行になるように配置する。ついで、レーザ光のように干渉性が良好な紫外光3を、この位相マスク2を介して裸光ファイバ1に照射する。すると、位相マスク2の溝2aの形成面から、溝2a…と紫外光3との位相整合条件にしたがって、位相マスク2から直行する0次の回折光を中心として、いくつかの回折光が放射状に、かつ左右対称に発生する。これらの回折光より次回折光に近いものから順に1(-1)次回折光、2(-2)次回折光…と呼ばれる。1次回折光と-1次回折光とは左右対称である。

【0011】通常は0次の回折光のパワーが最も強く、1(-1)次、2(-2)次の順に次第にそのパワーが弱くなっていく。しかしながら、溝2aの深さを紫外光3の波長の約半分の深さに設定すると、溝2aを形成した部分と溝2aを形成していない部分において、それぞれ回折された光が干渉し、打ち消しあう。そのため、0次回折光を抑えて1(-1)次回折光のパワーを最も強くすることができる。

【0012】すると、図15に示したように、位相マスク2の直下の1次回折光と-1次回折光とが交差する三角形の領域4において、裸光ファイバ1の長手方向に対して直交方向に干渉縞が生じる。そして、この部分のコア1aの屈折率が上昇し、グレーティング部1cが得られる。この干渉縞の周期は位相マスク2の溝2a…の周期の半分である。したがって、例えば約1μmの周期で溝2aを形成した位相マスク2を用いることにより、グレーティングピッチh1が約0.5μmのファイバグレーティングを作製することができる。

【0013】図16はこのような反射型のファイバグレーティングを利用してした光バンドバスフィルタの一例を示した概略構成図である。この光バンドバスフィルタはファイバグレーティング4の入力端子4aと光サークル

4

ポート5aから入射した光は第3のポート5cから出射し、第3のポート5cから入射した光は第2のポート5dから出射するようになっている。

【0014】したがって、第1のポート5aから比較的広い波長幅を有する光を入射すると、この光は第3のポート5c、入力端子4aを介してファイバグレーティング4に入射する。そして、ファイバグレーティング4において反射光が発生する。この反射光以外の光はファイバグレーティング4の出力端子4dから出射される。一方、前記反射光は入力端子4a、第3のポート5cを経て第2のポート5dから出射される。すなわち、第1のポート5aから入射した光のうち、ファイバグレーティング4の反射帯域の光のみを第2のポート5dから取り出すことができる。したがって、特定波長帯のみが透過する光バンドバスフィルタとしての特性が得られる。

【0015】図17(a)は、反射型のファイバグレーティングを用いた光バンドバスフィルタの他の例を示したもので、この光バンドバスフィルタは、ふたつのファイバグレーティング6、7が直列に接続されてなるものである。ファイバグレーティング6、7は異なる透過阻止帯域を有し、かつこれらの透過阻止帯域間がある程度はなれている。したがって、ファイバグレーティング6の入力端子6aから比較的広い波長幅を有する光を入射すると、ファイバグレーティング6、7を透過することによって、ふたつの透過阻止帯域の光が損失した光がファイバグレーティング7の出力端子7bから得られる。

【0016】図17(b)は、図17(a)に示した光バンドバスフィルタの透過スペクトルを示したものであって、このスペクトルにおいては、ファイバグレーティング6、7にそれぞれ対応した透過阻止帯域6'、7'が得られている。そして、図17(b)に示したように、使用波長域を透過阻止帯域6'から透過阻止帯域7'にかけて設定し、この波長帯の光を入力端子6aから入射すると、これら透過阻止帯域6'、7'との間にバンドバス帯域となり、この波長帯の光のみが選択的に出力端子7bから得られる光バンドバスフィルタとして用いることができる。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図16に示した光バンドバスフィルタにおいては、光サークルレータがファイバグレーティングと比較して高価であるため、コストがかかるという問題があった。図17(a)に示した光バンドバスフィルタにおいても透過阻止帯域の異なるふたつのファイバグレーティングを製造しなければならないため、コストがかかるという問題があった。また、これらの光バンドバスフィルタにおいては、いずれもふたつのデバイスを直列に接続しているた

(4)

特開2000-275442

5

で、ファイバグレーティングを利用した光バンドバスフィルタにおいて、低コストの光バンドバスフィルタを提供することを課題とする。さらに、サイズの小さい光バンドバスフィルタを提供することを課題とする。また、接続損失の小さい光バンドバスフィルタを提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するためには本発明においては、光ファイバの長手方向にそって、コアの屈折率の周期的な変化を形成したファイバグレーティングからなり、前記コアの屈折率の振幅が、光ファイバの長手方向にそって、所定の周期で変化していることを特徴とする光バンドバスフィルタを提案する。また、前記コアの屈折率の周期的な変化の周期はチャーブトピッチとすると好ましい。さらに、前記光ファイバが高NAの光ファイバであると好ましい。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明の光バンドバスフィルタに用いるファイバグレーティングは、図11に示したように光ファイバの長手方向にそってコア1aの屈折率の周期的な変化を形成してなるグレーティング部1cを有するものである。図1は本発明の光バンドバスフィルタに用いるファイバグレーティングのグレーティング部の光ファイバの長手方向における屈折率プロファイルの一例を示したグラフである。

【0021】この屈折率プロファイルが図12に示した従来のものと異なるのは、屈折率の振幅、すなわち屈折率変化の大きさが一定ではない点である。すなわち、この屈折率プロファイルの振幅は、光ファイバの長手方向にそって、殆ど零に近い部分から徐々に増加し、最も大きい1c逆すると反対に徐々に低下する変化が周期的に繰り返されており、そのため、この屈折率プロファイルはグラフ中、緩線で示したs:n波状の形状を有している。換言すれば、図12に示した屈折率プロファイルにおいて、グレーティングピッチ Λ_1 は一定で、屈折率の振幅 n を、図1に示したように周期的に変化させると、このファイバグレーティングの屈折率プロファイルが得られる。以下、この屈折率の振幅の変化の周期を振幅変調周期といふ。振幅変調周期は図1中、 Λ_2 で示されている。

【0022】図2は本発明の光バンドバスフィルタに用いるファイバグレーティングの屈折率プロファイルの他の例を示したものである。この例においてもグレーティングピッチ Λ_1 は一定で、屈折率の振幅がファイバ長手方向にそって周期的に変化しており、振幅が殆ど零の部*

$$n(z) = n_s(z) \exp(-j2\pi/(\Lambda_2 z))$$

式中、 $n_s(z)$ は光ファイバの長手方向の位置 z における

6

* 分 w_1 と振幅が n の部分 w_2 とが周期 Λ_2 で交互に形成されている。すなわち、図12に示した屈折率プロファイルにおいて、グレーティングピッチ Λ_1 は一定で、屈折率振幅 n を、図2に示したように周期的に変化させると、このファイバグレーティングの屈折率プロファイルが得られる。

【0023】図1、図2に示したいずれの例においても、振幅変調周期 Λ_2 は光ファイバの長手方向において一定であると好ましい。一方グレーティングピッチ Λ_1 は、後述するように、チャーブトピッチを採用するとさらに好ましい。

【0024】図3は、これらのファイバグレーティングの透過スペクトルの一例を示したグラフであつて、この波長スペクトルにおける特徴は、従来のファイバグレーティングにおいて得られる透過阻止帯域の両側に、ふたつの透過阻止帯域が現れることである。すなわち、主透過阻止帯域10と、その両側に現れる側透過阻止帯域11、12という3つの透過阻止帯域が得られる。主透過阻止帯域10の中心波長と側透過阻止帯域11、12の中心波長との波長差の大きさは等しく、グラフ中△で示されている。前記主透過阻止帯域10と前記側透過阻止帯域11との間と、前記主透過阻止帯域10と前記側透過阻止帯域12との間は、それぞれバンドバス帯域13a、13bである。

【0025】このファイバグレーティングにおいては、例えば側透過阻止帯域11と主透過阻止帯域10にかけて使用波長域を設定することにより、バンドバス帯域13aの光が選択的に透過する光バンドバスフィルタの特性が得られる。主透過阻止帯域10と側透過阻止帯域12との関係においても同様であつて、この範囲に使用波長域を設定することにより、バンドバス帯域13bの光が選択的に透過する光バンドバスフィルタとして用いることができる。

【0026】ファイバグレーティングの反射係数は、H. Kogelnikによれば、グレーティングピッチが一定の場合、グレーティングの長手方向の屈折率プロファイルのフーリエ変換で表される(参考文献: The Bell System Technical Journal vol. 55, No.1, January 1976, P.109-125, Filter Response of Nonuniform Almost-Periodic Structure)。以下の式(1)は、グレーティングピッチ一定の場合の屈折率プロファイルを表したものである。

【0027】

【数2】

$$\text{式(1)}$$

から、本発明に用いるファイバグレーティングにおいて

JP,2000-275442,A

STANDARD ZOOM-UP ROTATION No Rotation REVERSAL

(5)

特開2000-275442

7

止帯域11と側透過阻止帯域12とが出現することになる。図3に示した主透過阻止帯域10と側透過阻止帯域11、12との中心波長差△λと振幅変調周期Δtとの*

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda_c^2}{2n_{eff} \Delta t}$$

【0029】式中入るは主透過阻止帯域10の中心波長。n_{eff}はコアの屈折率がn1/2上昇したときの光ファイバの実効屈折率である。図4は中心波長差△λと振幅変調周期Δtとの関係を示したグラフであって、横軸はグレーティングピッチΔt、縦軸は振幅変調周期Δtである。上述のように、一般に1550nm帯で使用する場合、グレーティングピッチΔtは530nm付近に設定される。このグラフにおいて、グレーティングピッチΔtが530nmであり、主透過阻止帯域10の中心波長△λが1550nmである場合、中心波長差△λを2nm、5nm、10nm、15nm、20nmとする場合は、Δtを、それぞれ400μm、160μm、80μm、70μm、60μm付近に設定するといことがわかる。また、振幅n1の大きさやグレーティング長は特に限定されるものではなく、要求されるファイバグレーティングの特性に応じて適宜設定される。振幅n1を大きくすると反射光の強度が大きくなり、3つの阻止帯域の透過損失が増加する。また、上述のようにグレーティング長を調節することによって、阻止帯域の波長幅などを変化させることができる。

【0030】また、反射型のファイバグレーティングは、通常、透過阻止帯域(反射帯域)の波長幅が比較的狭い。したがって、図5に示したように主透過阻止帯域10、側透過阻止帯域11、12の幅が狭すぎると、例えばバンドパス帯域13aの波長幅と主透過阻止帯域10の波長幅と側透過阻止帯域11の波長幅との合計が、使用波長域よりも小さくなってしまう。そのため、主透過阻止帯域10の長波長側や側透過阻止帯域11の短波長側に余分な光の透過域14a、14bが生じ、バンドパス帯域13aの光のみを透過させることができなくなる。使用波長域の幅を狭くすることは通常困難なので、この場合、バンドパス帯域13a、13bの波長幅が限定されるなどの不都合が生じる。

【0031】したがって、主透過阻止帯域10、側透過阻止帯域11、13の波長幅はある程度広い方が好ましい。これらの波長幅を広くするには、上述のようにグレーティングピッチΔtをチャートピッチとする方法が知られている。チャートピッチを採用することによって、例えばこれらの波長幅を3nm程度にすることができる。

【0032】例えば、図1に示した屈折率プロファイルにおいて、光ファイバの長手方向にそって、グレーティ

* 関係は、以下の式(2)で表される。

【0028】

【数3】

式(2)

30nm付近である。チャートピッチにする場合は、例えばチャート率を1nm/mm以下に設定し、グレーティングピッチΔtを530nm±10nm程度の範囲でわずかに変化させる。

【0033】図2に示した例においても、同様にグレーティングピッチΔtを光ファイバの長手方向にそって徐々に変化させることによって、チャートピッチとすることができる。この図2に示した屈折率プロファイルにおいては、屈折率の振幅が殆ど零の部分w1が存在するが、この部分においても振幅零の屈折率変化が繰り返されていると想定して、全体のチャート率を設定するのが通常である。換言すると、まず、図12に示した屈折率の振幅nが光ファイバの長手方向で一定の屈折率プロファイルにおいて、所定のチャート率で、光ファイバの長手方向に徐々にグレーティングピッチΔtを変化させる。さらに、この屈折率プロファイルに図2に示したような周期Δtの屈折率の振幅の変化を付与すると、図2に示した屈折率プロファイルを有し、かつチャートピッチの屈折率プロファイルが得られる。

【0034】また、チャートピッチを適用すると、側透過阻止帯域11、12の反射光の強度が低下し、側透過阻止帯域11、12の透過損失が不足する場合がある。その場合には、振幅n1を大きくすることによって対応することができる。すなわち振幅n1を大きくすると主透過阻止帯域10の透過損失が大きくなり、これに付随して側透過阻止帯域11、12の透過損失を増加させることができる。

【0035】ところで、図13(a)に示した従来の反射型のファイバグレーティングの透過損失スペクトルにおいては、透過損失帯域よりも短波長側の透過帯域に透過損失が生じている。以下この帯域を過剝損失帯域とよぶ。この過剝損失帯域は、コアを伝播する光の一部がクラッドを伝播する光(クラッドモード)と結合することによって生じるものである。そして、従来、高NA(開口数)の光ファイバを用いることにより、過剝損失帯域を短波長側にシフトさせることができることが知られている。

【0036】一方、図3に示した本発明に用いるファイバグレーティングの透過スペクトルの例において、バンドパス帯域13aに過剝損失帯域が発生すると透過光の強度が低下するため不都合である。そこで、高NAの光ファイバを用いると、この過剝損失帯域を短波長側にシ

JP,2000-275442,A

STANDARD ZOOM-UP ROTATION No Rotation

REVERSAL

RELOAD

PREVIOUS PAGE

NEXT PAGE

DETAIL

(5)

特開2000-275442

9

した光ファイバのNAは△で1%以上、好ましくは△で3%以上とされる。

【0037】図6は本発明に用いるファイバグレーティングの製造方法の一例を示したものである。図中符号15は振幅マスクであって、この振幅マスク15には複数のスリット15aが等間隔で複数並列に設けられている。この振幅マスク15はアルミニウムなどの光を透過しない材料から形成されている。一方、符号16は位相マスクであって、その片面には所定の周期で複数の溝16aが形成されている。

【0038】そして、この位相マスク16を、図15に示した例と同様にして複光ファイバの側面にその溝16aの形成面が対峙するように配し、さらにこの位相マスク16の上に振幅マスク15を配する。そして、紫外光17を、振幅マスク15、位相マスク16を介して複光ファイバに照射する。すると、位相マスク16の溝16aのうち、振幅マスク15の複数のスリット15aの下に位置する部分のみが露光される。そして、この露光された部分の溝16aに対応した干渉縞が発生し、この干渉縞が生じた部分の複光ファイバのコアの屈折率が上昇する。したがって、所望の振幅変調周期△2が得られるよう、スリット15aの幅と間隔を設定することによって、図2に示したような屈折率プロファイルを有するファイバグレーティングが得られる。また、溝16aの周期をチャーブトピッチに対応させた位相マスク16を用いることによって、チャーブトピッチのファイバグレーティングが得られる。

【0039】図7は、本発明に用いるファイバグレーティングの製造方法の他の例を示したもので、図中符号18はシリンドリカルレンズ、符号19は紫外光ビームである。紫外光ビーム19はレーザ発生装置から出力したレーザ光を、レンズ、スリットなどを用いて照射範囲の直径が約1mm以下になるように調整したものである。この紫外光ビーム19の照射位置は、レーザ光の照射位置を調節するミラーなどによって、後述する複光ファイバの長手方向にそって移動自在とされている。

【0040】そして、図15、図6に示した例と同様にして複光ファイバと位相マスク16を配置し、この位相マスク16の上にシリンドリカルレンズ18を配置する。そして、このシリンドリカルレンズ18の上から紫外光ビーム19を照射すると、シリンドリカルレンズ18を介して露光されたビームが位相マスク16に照射され、その露光範囲の溝16aに対応した干渉縞が発生し、この干渉縞が生じた部分の複光ファイバのコアの屈折率が上昇する。ついで、紫外光ビーム19の照射位置を複光ファイバの長手方向にそって移動させて再び紫外光ビーム19を照射する操作を繰り返して、ファイバ

10

に向かって同心円状に光の強度が弱くなる。複光ファイバ1のコア1aにおける屈折率の上昇量は紫外光の強度に比例するため、紫外光ビーム19の照射位置の移動距離を調節すると図1に示したようなsin波状の屈折率プロファイルあるいはこれに近い屈折率プロファイルを有するファイバグレーティングが得られる。図6、図7に示したいずれの方法においても、紫外光(紫外光ビーム)の強度、照射回数などは、目的とするファイバグレーティングの振幅△1などによって調整する。

【0042】図8(a)は本発明の光バンドバスフィルタの構成を示した図であって、この図に示したように、本発明においては原則としてひとつのファイバグレーティング20のみで光バンドバスフィルタを構成することができる。そのため、接続損失が小さく、低コストで、サイズの小さい光バンドバスフィルタを提供できる。

【0043】また、必要に応じて図8(b)に示したように、ファイバグレーティング20手前に光アイソレータ21を挿入することもできる。光アイソレータ21は入力端子21aから出力端子21b方向に進行する光は透過し、出力端子21bから入力端子21a方向に進行する光は阻止する特性を備えている。したがって、光アイソレータ21の入力端子21aから光を入射した場合、ファイバグレーティング20によって反射された光は光アイソレータ21によって阻止され、コアを正の方向に伝搬する光に影響することがない。

【0044】

【実施例】(実施例1、2) NAが△で3%の光ファイバを用いて、実施例1においては、図6に示した方法でファイバグレーティングを製造し、実施例2においては、図7に示した方法でファイバグレーティングを製造した。このとき、いずれにおいてもグレーティング長は30mm、グレーティングピッチ△1は53.4nm±0.1nmの範囲で、光ファイバの長手方向にそってチャーブ率0.007nm/mmで段階的に変化するチャーブトピッチとし、振幅変調周期△2は410μmとした。実施例1のファイバグレーティングの透過スペクトルを図9(a)に、反射スペクトルを図9(b)に示した。実施例2のファイバグレーティングの透過スペクトルを図10(a)に、反射スペクトルを図10(b)に示した。これらの透過スペクトルにおいて、主透過阻止帯域および側透過阻止帯域の波長幅は約1nmであった。

【0045】図9(a)、図10(a)に示した透過スペクトルからわかるように、いずれにおいてもバンドバス帯域には過剰損失が殆ど生じておらず、良好なバンドバス特性が得られた。

【0046】

(7)

特開2000-275442

12

11

バンドパスフィルタを構成することができる。そのため、接続損失が小さく、低コストで、サイズの小さい光バンドパスフィルタを提供できる。また、チャーブトピッチを採用することによって、透過阻止帯域の波長幅を広くすることができ、余分な光の透過域の発生を抑制することができる。さらに、高NAの光ファイバを用いることによってクラッドモードとの結合に起因する過剰損失のバンドパス領域への影響を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に用いるファイバグレーティングの光ファイバ長手方向における屈折率プロファイルの一例を示したグラフである。

【図2】 本発明に用いるファイバグレーティングの屈折率プロファイルの他の例を示したグラフである。

【図3】 本発明に用いるファイバグレーティングの透過スペクトルの一例を示したグラフである。

【図4】 本発明に用いるファイバグレーティングにおける中心波長差 $\Delta\lambda$ と振幅変調周期 Λ との関係を示したグラフである。

【図5】 本発明に用いるファイバグレーティングにおいて、透過阻止帯域の波長幅が狭い場合の透過スペクトルを示したものであって、光バンドパスフィルタとしての使用例を示したグラフである。

【図6】 本発明に用いるファイバグレーティングの製造方法の一例を示した平面図である。

【図7】 本発明に用いるファイバグレーティングの製造方法の他の例を示した平面図である。

【図8】 図8(a)、図8(b)は本発明の光バンドパスフィルタの構成を示した概略構成図である。

【図9】 図9(a)は、実施例1のファイバグレーティングの透過スペクトルを示したグラフであり、図9(b)は反射スペクトルを示したグラフである。

【図10】 図10(a)は、実施例2のファイバグレーティングの透過スペクトルを示したグラフであり、図10(b)は反射スペクトルを示したグラフである。

【図11】 ファイバグレーティングの一例を示した概念図である。

【図12】 従来のファイバグレーティングのファイバ長手方向における屈折率プロファイルを示したグラフである。

【図13】 図13(a)はファイバグレーティングの透過スペクトルの一例を示したグラフ、図13(b)はこのときの反射スペクトルを示したグラフである。

【図14】 位相マスクの一例を示した斜視図である。

【図15】 図14に示した位相マスクを用いたファイバグレーティングの製造方法の説明図である。

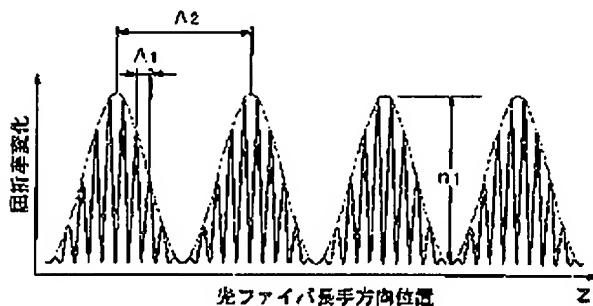
【図16】 従来の反射型のファイバグレーティングを利用した光バンドパスフィルタの構成の一例を示した概略構成図である。

【図17】 図17(a)は、従来の反射型のファイバグレーティングを用いた光バンドパスフィルタの他の例を示した概略構成図である。図17(b)はこの光バンドパスフィルタの透過スペクトルの一例を示したグラフである。

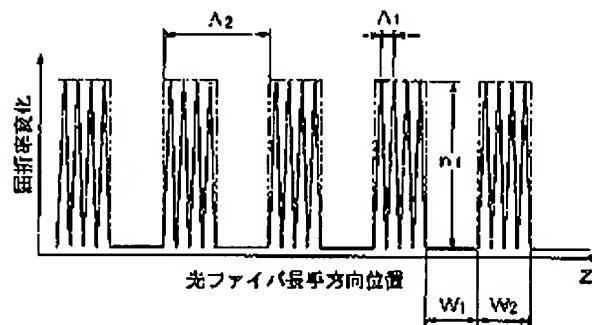
【符号の説明】

1…裸光ファイバ(光ファイバ)、1a…コア、1c…グレーティング部、10…主透過阻止帯域、11、12…側透過阻止帯域、13a、13b…バンドパス帯域、20…ファイバグレーティング、n1…振幅、 Λ …グレーティングピッチ、 Λ 2…屈折率の振幅変調周期。

【図1】



【図2】



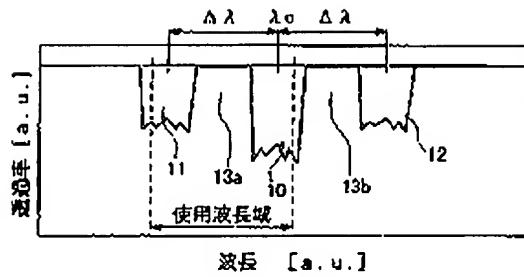
JP,2000-275442,A

STANDARD ZOOM-UP ROTATION No Rotation REVERSAL

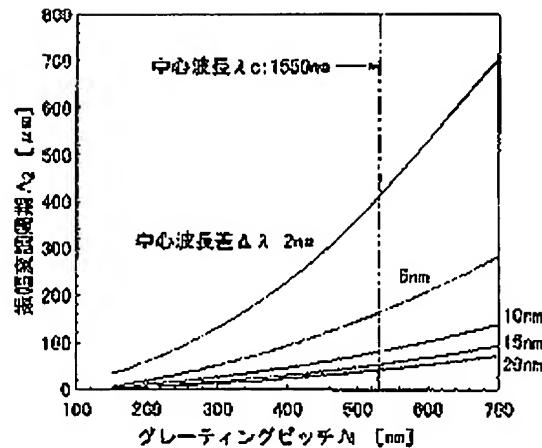
(8)

特開2000-275442

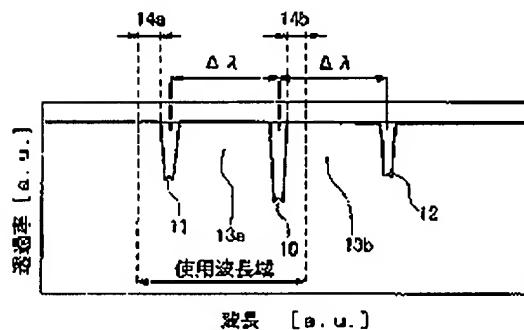
【図3】



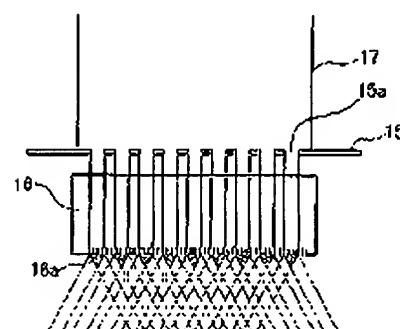
【図4】



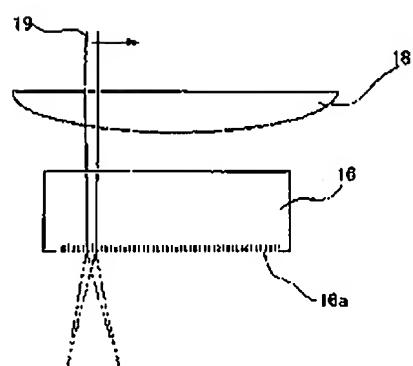
【図5】



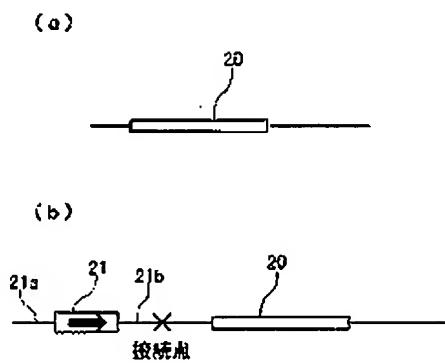
【図6】



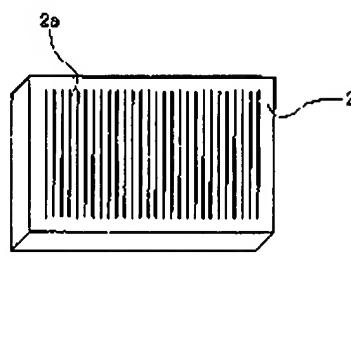
【図7】



【図8】



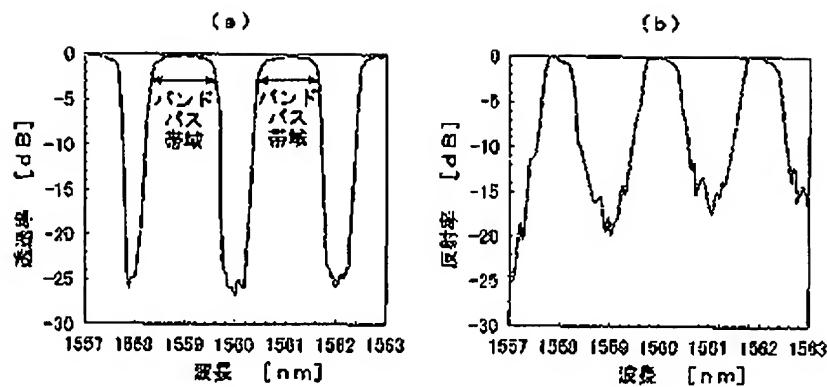
【図14】



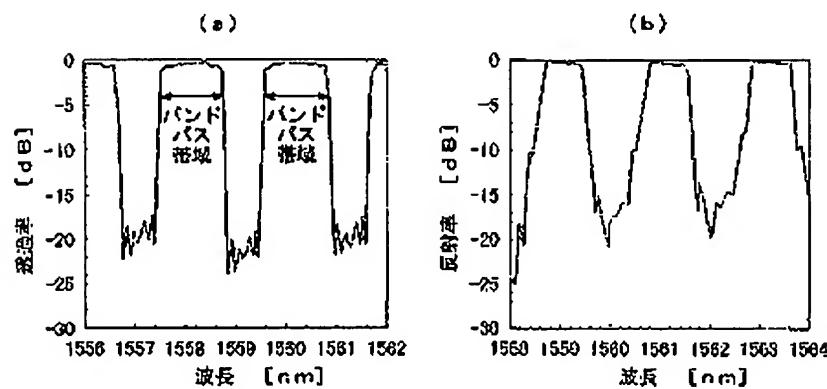
(9)

特開2000-275442

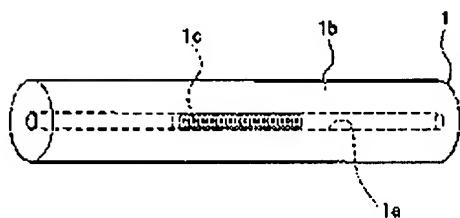
[図9]



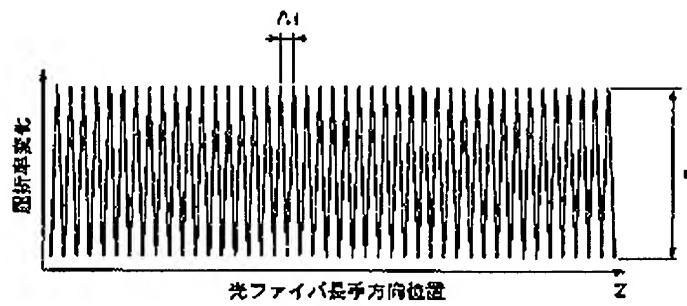
[図10]



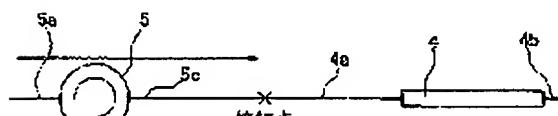
[図11]



[図12]



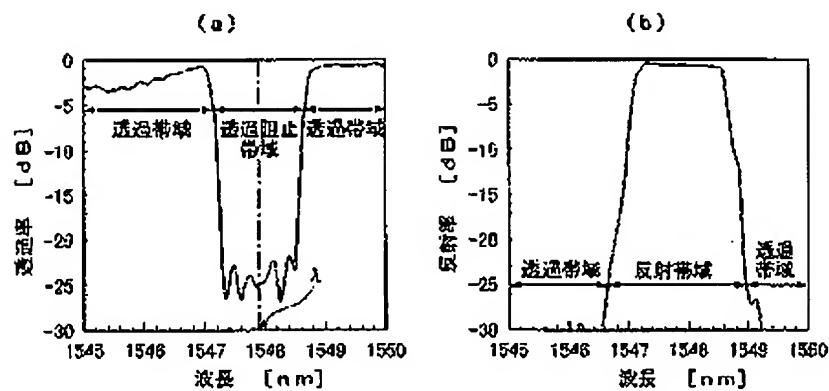
[図16]



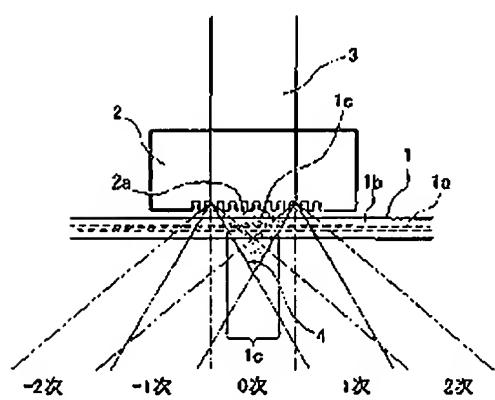
(10)

特開2000-275442

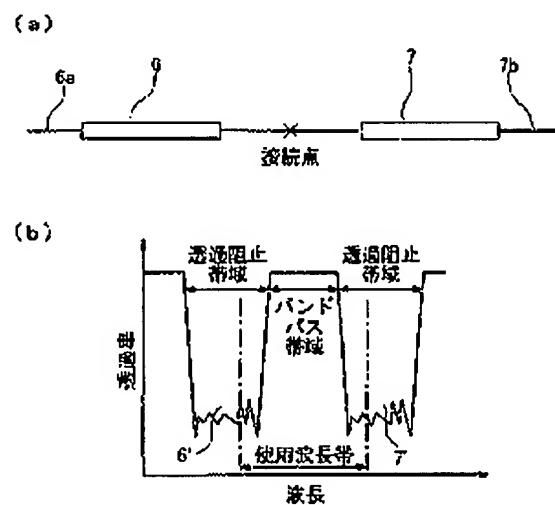
[図13]



[図15]



[図17]



JP,2000-275442,A

STANDARD ZOOM-UP ROTATION No Rotation REVERSAL